

二つの異なる過程により同一量の水を同一温度にする のに用いられたガス量の比較

杉 原 雅, 三村 泰一郎

Comparison of the Amount of Gas used in Heating the Same Quantity of Water to the Same Temperature by Two Different Processes

By MIYABI SUGIHARA and TAICHIRO MIMURA

1. 概 要

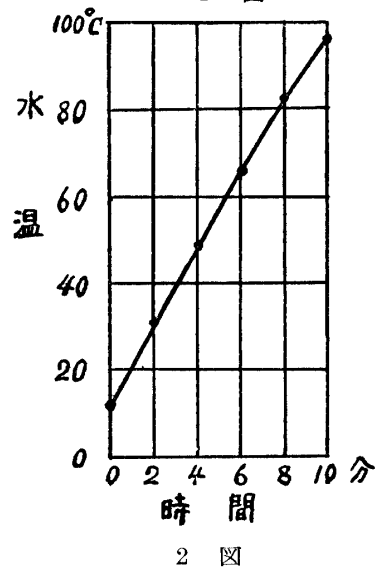
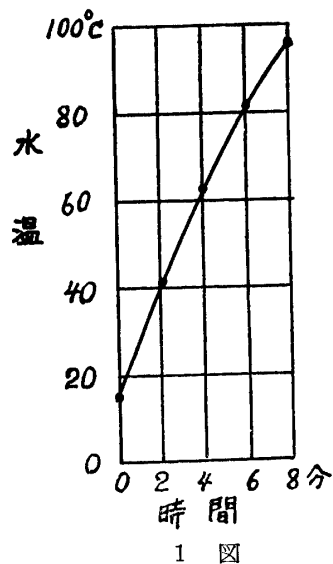
一定量の水をガス焰で加熱して 90°C を越えた或温度に達せしめ、その中に一定量の冷水を注入して温度を測る。その場合の使用ガス量は、その温度まで混合水と等量の冷水をガス焰で加熱した場合の使用ガス量より大である。又同一鍋で同一量の水を蓋を取去った場合と蓋を被せた場合とでは、蒸発のため失われる熱量は前者が後者の3倍乃至9倍大きい。

2. 実 験 方 法

大鍋として質量 343 gr, 容積 3750 c.c., 底の直径 19.5 cm (底面積 298.6 cm^2) の市販のアルミニウム鍋を用い、水道の水 1300 c.c. を刻度円筒で測って鍋内に入れ、蓋の取手を外してそこに寒暖計を挿入したコルク栓を嵌め、その蓋を鍋に被せた時、寒暖計の読みが取れるようにその高さを加減した。ガスコンロの活栓を全開にして中央と外周とから同時にガスを噴出させ、実験中焰の大きさを一定にした。実験時間が比較的短いから気温はその間は一定と見做される。使用ガス量はコンロの前に挿入したガスメーターで之を読んだ。 90°C を越えたならば、コンロの活栓を締め蓋を開けたまま冷水 700 c.c. を鍋内に注ぎ、寒暖計で攪拌して速に下降した後、暫く静止した時

の温度を読んだ。(之を混合水の温度と呼ぶことにする)。此実験を4回繰返し加熱の場合の時間と上昇する水温との関係を図に描いた。その一例を1図に示す。

次に混合水と同量の冷水 2000 c.c. を鍋に入れて、前実験の時と同じ大きさの焰で加熱し、時間と上昇温度とを読み、 90°C を越えてからガスを切り、使用ガス量をメーターで読んだ。此実験を4回繰返して行い、時間と水温との関係を図に描いた。その一例を2図に示す。2図を用い



て混合水の温度まで水温を上昇せしめるに要する時間を読み、1分当りの使用ガス量に此時間を掛けて、此場合の使用ガス量を求めた。之を2図に相当した他の3個の図についても同様に行い、その平均値を以て使用ガス量と定めた。又別に初に加熱する水の量を夫々1000 c.c. 及び800 c.c. とし注入冷水を夫々1000 c.c. 及び1200 c.c. とし、混合水の全量を2000 c.c. とした実験を行った。

次に中鍋として質量285.3gr, 容積2830 c.c., 底の直径18cm(底面積255cm²)の市販のアルミニウム鍋に水1300 c.c., 800c.c., 400c.c. を別々に入れ、大鍋の場合と同様に加熱し、之に冷水を夫々300c.c., 800c.c., 1200 c.c. を加えて混合水の全量を1600c.c. とし、大鍋の場合と同様に実験を行った。又小鍋として質量186.5gr, 容積1440 c.c., 底の直径14cm(底面積154cm²)の市販のアルミニウム鍋を用い、その内に水750c.c., 500c.c., 250c.c. を別々に入れて加熱し、之に冷水を夫々250c.c., 500c.c., 750c.c. を加えて混合水の全量を1000c.c. とし、大鍋の場合と同様に実験した。

尚温水に冷水を混合する場合、蓋を取去って実験した

から、蓋のない場合と蓋のある場合とにつき、蒸発により失われる熱量を参考にするために次の実験を行った。大鍋では冷水1300c.c. を入れて加熱し、加熱時間、使用ガス量、始めと終りの温度並に重量(天秤で測る)を読み、その重量の減少した量だけ蒸発したものとした。冷水を混合して混合水の温度を読むに要する時間が0.5分乃至1.5分であったから、平均1分と見做して1分当りの重量の減少量を求め、気化熱を1grにつき539カロリーとして、その重量の減少量を乗じてカロリー単位の数量を算出し、更にガス1lの発熱量を3600カロリーとしてガス量に換算した。又別に冷水1000c.c. につき同様の実験を行ったが800c.c. については実験を行わなかった。次に中鍋については冷水1300c.c. 及び800c.c. を用い、小鍋については冷水750c.c. 及び500c.c. を用いて大鍋と同様に実験した。

3. 実験結果とその考察

前述の方法により得られた結果を大鍋、中鍋、小鍋につき夫々Ⅰ表、Ⅱ表、Ⅲ表に示す。何れの場合も一定量

Ⅰ 表

大鍋 質量343gr. 容積3750 c.c.

加熱される水量	注入される水量	番号	気温	加熱時間 t_1	上昇温度 θ_2	混合水の上昇温度 θ_1	使用ガス量 q_1	θ_1 から θ_2 までの放熱量 (ガス量に換算) h_1	1分間の蒸発量 (ガス量に換算) h_2	混合水の量	混合水の温度に 応ずる使用 ガス量 q_2	加熱時間 t_2	$t_1 - t_2$	$q_1 - q_2$	$h_1 + h_2$	$(q_1 - q_2) - (h_1 + h_2)$
1300 cc	700 cc	1	14.8	8	83.2	53.1	84.9	7.1		2000 cc	75.1	5.6				
		2	17.5	7	82.1	52.5	86.3	6.5			73.9	5.5				
		3	15.3	8	85.5	55.3	91.2	7.6			77.9	5.8				
		4	15.2	7	82.5	53.7	85.4	6.8			75.4	5.7				
		平均		7.5			87.0	7.1	0.8l		75.6	5.7	1.8分	11.4l	7.9l	3.5l
1000	1000	1	17.7	7.5	81.0	42.2	81.5	5.5		2000	59.7	4.5				
		2	17.8	6	77.5	40.5	75.1	4.8			56.8	4.3				
		3	17.8	7.5	81.0	40.5	83.9	5.6			56.5	4.7				
		4	18	7	81.0	43.0	87.6	5.4			60.1	4.5				
		平均		7.0			82.0	5.3	1.2		58.3	4.5	2.5	23.7	6.5	17.2
800	1200	1	18	5	82.0	33.8	73.0	4.6		2000	46.8	3.5				
		2	17.8	5.5	80.5	33.5	70.0	4.3			46.1	3.5				
		3	16.5	5.5	81.0	32.5	71.2	4.5			45.1	3.4				
		4	16.5	5.3	81.5	35.6	75.9	4.3			49.5	3.7				
		平均		5.3			72.5	4.4	1.4		46.9	3.5	1.8	25.6	5.8	19.8

II 表

中鍋 質量 285.3gr 容積 2830cc

加熱される水量	注入される水量	番号	気温	加熱時間 t_1	上昇温度 θ_2	混合水の 上昇温度 θ_1	使用 ガス量 q_1	θ_1 から θ_2 ま での放熱量 (ガス量に 換算) h_1	1 分間の蒸 発量 (ガス 量に換算) h_2	混合 水の量	混合水の 温度に 応ずる使用 ガス量 q_2	加熱 時間 t_2	$t_1 - t_2$	$q_1 - q_2$	$h_1 + h_2$	$(q_1 - q_2) - (h_1 + h_2)$
1300 cc	300 cc	1	19	6	83.0	56.0	73.3	4.8		1600 cc	63.9	5.0				
		2	19	6.5	79.0	52.5	73.2	4.4			60.0	4.7				
		3	19	7	80.0	54.8	74.4	4.2			62.9	4.9				
		4	18	6.5	81.3	55.4	76.4	4.4			63.4	5.0				
		平均		6.5			74.3	4.5	0.8		62.6	4.9	1.6分	11.7	5.3	6.4
800	800	1	13.5	4.3	85.8	43.9	54.8	4.0		1600	47.5	3.9				
		2	13.3	4.4	86.0	43.5	54.2	4.1			46.8	3.9				
		3	13.3	4.7	85.9	42.9	54.0	4.1			46.6	3.9				
		4	12.7	5.4	87.0	44.2	54.6	4.2			47.8	4.0				
		平均		4.7			54.4	4.1	1.0		47.2	3.9	0.8	7.2	5.1	2.1
400	1200	1	13.2	3	85.9	22.4	39.8	2.4		1600	27.0	2.1				
		2	13.1	3.2	85.8	22.7	35.5	2.4			27.6	2.2				
		3	14.2	3	84.0	19.8	34.5	2.3			24.2	1.9				
		4	14.2	3	84.0	21.5	36.3	2.3			25.6	2.0				
		平均		3.1			36.5	2.4	1.2		26.1	2.1	1.0	10.4	3.6	6.8

III 表

小鍋 質量 186.5gr 容積 1440cc

加熱される水量	注入される水量	番号	気温	加熱時間 t_1	上昇温度 θ_2	混合水の 上昇温度 θ_1	使用 ガス量 q_1	θ_1 から θ_2 ま での放熱量 (ガス量に 換算) h_1	1 分間の蒸 発量 (ガス 量に換算) h_2	混合 水の量	混合水の 温度に 応ずる使用 ガス量 q_2	加熱 時間 t_2	$t_1 - t_2$	$q_1 - q_2$	$h_1 + h_2$	$(q_1 - q_2) - (h_1 + h_2)$
750 cc	250 cc	1	18.5	4.5	83.7	62.5	57.4	2.7		1000 cc	51.9	4.3				
		2	19	4.3	84.3	62.7	58.8	2.8			52.3	4.3				
		3	20	4.8	83.5	63.0	57.3	2.6			52.1	4.3				
		4	18	4.3	83.0	63.4	58.1	2.5			53.4	4.3				
		平均		4.5			57.9	2.7	0.6		52.4	4.3	0.2分	5.5	3.3	2.2
500	500	1	12	3.2	85.5	43.0	40.4	2.9		1000	36.9	3.0				
		2	14.2	3.2	85.7	44.7	42.3	2.9			37.9	3.0				
		3	14.5	3.5	87.0	43.4	43.7	2.8			37.0	3.0				
		4	14.4	3.2	86.4	42.9	43.6	2.8			36.8	3.0				
		平均		3.3			42.5	2.8	1.0		37.2	3.0	0.3	5.3	3.8	1.5
250	750	1	17	1.7	81.5	19.8	24.9	1.4		1000	18.0	1.4				
		2	17	1.8	81.5	21.3	25.4	1.4			19.2	1.5				
		3	16.5	2	81.3	19.5	25.9	1.4			17.4	1.4				
		4	15.4	2	82.4	20.0	24.3	1.4			17.5	1.4				
		平均		1.9			25.1	1.4	1.5		18.0	1.4	0.5	7.5	2.9	4.6

IV
表

鍋の 大きさ	水の量	蓋の有無	番号	気温	加熱時間	使用ガスの量	1分当りの使用ガスの量	水温		水温の上昇	重量		重量減少の割合	重量減少に対する減る熱量		蒸発による熱の損失比較	1分当りの蒸発量の熱量		
								始	終		始	終		カロリ	gr			カロリ	gr
大	1300cc	無	1	23°C	8分	96.8l	12.1 l	21.0°C	90.0°C	69.0°C	1639gr	1595gr	44gr	7.0l	9	5.5分	2965cal	0.8l	
		2	26	9	108.0	12.0分	22.8	90.2	67.4	1643	1593	50							
		有	1	26	7.5	81.8	10.9	22.5	92.5	70.0	1662	1656	6						
		2	26	7.5	71.5	9.5	23.0	92.3	69.3	1662	1657	5	5.5	0.4	1	0.7	377	0.1	
	1000	無	1	27	6	71.4	11.9	22.9	90.0	67.1	1346	1306	40	47.5	4.8	9	7.9	4258	1.2
		2	27	6	70.8	11.8	23.5	92.5	69.0	1341	1286	55	47.5	4.8	9	7.9	4258	1.2	
中		有	1	27	5.0	60.8	12.2	22.8	90.0	67.2	1361	1356	5	5.5	0.6	1	1.0	539	0.1
		2	27	5.5	64.8	11.8	23.0	93.5	70.5	1363	1357	6	5.5	0.6	1	1.0	539	0.1	
	1300	無	1	26	7.5	82.2	11.0	23.0	90.5	67.5	1570	1535	35	40	3.1	9	5.2	2803	0.8
		2	27	8	85.5	10.7	23.2	91.4	68.2	1580	1535	45	40	3.1	9	5.2	2803	0.8	
		有	1	27	7	74.8	10.7	23.5	91.8	68.3	1575	1570	5	5	0.4	1	0.7	377	0.1
		2	26	6.5	74.1	11.4	22.8	90.5	67.7	1595	1590	5	5	0.4	1	0.7	377	0.1	
小	800	無	1	27	5	49.7	9.9	23.8	92.5	68.7	1077	1040	37	33	4.1	5	6.9	3719	1.0
		2	27	4.5	52.9	11.8	23.5	91.5	68.0	1079	1050	29	33	4.1	5	6.9	3719	1.0	
		有	1	27	4	46.6	11.7	23.5	94.5	71.0	1102	1094	8	6.5	0.8	1	1.6	862	0.2
		2	27	4	46.9	11.7	23.8	96.5	72.7	1101	1096	5	6.5	0.8	1	1.6	862	0.2	
	750	無	1	27	4	47.1	11.8	24.1	89.2	65.1	936	921	15	17.5	2.3	3	4.1	2210	0.6
		2	27	4.5	52.8	11.7	23.4	94.9	71.5	932	912	20	17.5	2.3	3	4.1	2210	0.6	
500		有	1	27	4	47.7	11.9	23.8	95.5	71.7	961	954	7	6	0.8	1	1.5	809	0.2
		2	27	4	46.4	11.6	23.5	89.2	65.7	965	960	5	6	0.8	1	1.5	809	0.2	
	750	無	1	27	3.5	41.4	11.8	23.2	96.0	72.8	691	666	25	22	4.4	4	6.8	3665	1.0
		2	27	3	35.7	11.9	25.0	90.1	65.1	691	672	19	22	4.4	4	6.8	3665	1.0	
	500	有	1	27	3	35.3	11.8	24.2	94.3	70.1	712	706	6	6	1.2	1	2.0	1078	0.3
		2	27	3	34.8	11.6	26.0	93.0	67.0	716	710	6	6	1.2	1	2.0	1078	0.3	

の冷水を加熱して高温にし、それに一定量の冷水を混入した場合の使用ガス量に比し、混合水に相当する量を冷水からその温度まで加熱する場合は、使用ガス量が少い。即ち経済的であると考えられる。鍋をガス焰で加熱する場合利用されない熱としては、(1)始めから鍋に与えられないで逃げる熱、例えば焰が鍋底を外れておる部分及び鍋底に焰が接する場合でも、又接しない時、高温の気流が鍋底に触れる場合でも、全熱量が鍋に与えられないで一部分は逃げる。次に幸に鍋に与えられた熱も、(2)鍋から周囲の空気へ対流輻射等で逃げ、又(3)蒸発により気化熱が失われる。

(2)の場合につき始めから 90°C を越えるまで加熱した場合、最高温度を θ_2 、混合水の温度を θ_1 として、 θ_1 から θ_2 までに失われる熱量を計算するに際し、「ガス焰の種々の大きさによる鍋内の水の加熱」の論文の(7)式

$$S_2 = (mc + w) \left\{ \theta_s \log \frac{\theta_s - \theta_1}{\theta_s - \theta_2} - (\theta_2 - \theta_1) \right\}$$

を正しいものとして用いることにした。此式の S_2 は失われる熱量、 m は鍋の質量、 c はその比熱 (0.211)、 w は用いた水の質量、 θ_s は飽和温度 (100°C を越えても水が沸騰しないものと仮定し、鍋に与えられる熱量と鍋が放散する熱量とが等しくなった時の温度) である。計算結果は各表の 9 行目に記してある。

(3)の蒸発のため失われる熱量については、参考に供するためであったから各鍋とも始めの 2 つの質量につき実験した。尚蓋をした場合も蒸発により、どの程度の重量が減少するかを見るために、蓋を取去った場合と同様な実験を行った。蒸発の場合の実験結果を IV 表に示す。IV 表から蓋を取去った場合は大体 4 % 位の重量が蒸発のため減少しており、蓋をした場合は大略 1 % 以下の減少であり、又蒸発による熱の損失は、蓋を取去った方が蓋を

した方よりも、3 倍乃至 9 倍大である事が解る。

次に I, II, III 表の 10 行目の最下列の 1 分間の蒸発量は、実験を行っていないが、上の二つの実験から、加熱される水の量と蒸発量とが直線関係にあるものと仮定して、図の上から決定したものである。各表の最後の行は一定量の水を 90°C を越えるまで加熱した場合の使用ガス量から、混合水に相当した水量を加熱した場合の使用ガス量及び混合水の温度以上に於て放散する熱量と、蒸発のために失われる熱量とをガス量に換算した値を引去ったものである。何れも正の値であるから鍋に与えられずに逃去る熱量があることが解るが、此の数値が直に逃去る熱量全部を表わしてはいない。何故ならば 90°C を越えてまで加熱した場合も、混合水に等しい水量を混合水の温度まで加熱した場合も、鍋に与えられずに逃去る熱があるからである。

要するに始めから所要の水量を所要の温度まで加熱する方が、高温に熱して冷水を注入して所要の温度にするよりもガスの使用量が少い。本実験は風呂を沸すのに一定量の水を高温に加熱し、それに冷水を入れて入浴に適度にする場合と、始めから適量の水を入浴に適する温度にする場合と、何れが燃料を節約し得るかということを鍋につき実験したものであるが、風呂の場合は 90°C を越えるまでも加熱しないから、鍋についての本実験結果が風呂の場合に必ずしもそのまま当嵌ると思われぬ。然し或程度は推定出来るのではないかと思う。

本実験実施に際し勝見茂子、狩野佳代子、寺本幸子、種谷千恵子の諸嬢は実験記録を作るのに尽力された。その努力に対し深く感謝する。

(1955年10月受理)